



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

EnergyProGrid

Andersen, Anders N; Mæng, Henning

Publication date:
2004

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Andersen, A. N., & Mæng, H. (2004). *EnergyProGrid*. Technology, Environment and Society, Department of Development and Planning, Aalborg University. Working Paper Nr. 2

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

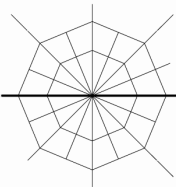
Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Working Paper 2 2004

EnergyProGrid

**Anders N. Andersen
Henning Mæng**



Technology, Environment and Society

**Department of Development and Planning
Aalborg University**

Colophon

February 2004
ISBN 87-91404-02-9
© Authors

Publisher:

Division of Technology, Environment and Society
Department of Development and Planning
Aalborg University
Fibigerstraede 13
Denmark - 9220 Aalborg Oest
<http://www.plan.aau.dk/>

Layout:

Librarian Kirsten Skou Hansen

Print:

Centertryk, Aalborg University

Paper:

Printed on 100% recycled Cyclus paper

Table of Contents

THE DESKTOP	7
Setup	
Nodes	
Lines	
Transformers	
Power data	
Node Weights and Geo Weights	
Geo Weights	
Active load, Reactive load and Load	
KORT DOKUMENTATION AF ELNET-BEREGNINGSMETODEN	18
Notation i EnergyProGrid	
Ligningerne udtrykkes ved effektivværdier	
Knudepunktsligningerne	
Ledningsligningerne	
Transformerligningerne	
Ligningsløsningen	
RESULTATER FRA EnergyProGrid BEREGNINGER	24

Preface

EnergyProGrid is a software tool for load flow calculations in electrical grids.

This paper consists of two parts. First an introduction to EnergyProGrid in English mainly describing the desktop. Then a documentation of the calculation method used in the grid calculation given in Danish text.

The development of EnergyProGrid are supported by the Danish Energy Agency through two research and development projects Lokale Energimarkeder and MOSAIK.

Anders N. Andersen and Henning Mæng
Aalborg University
February 2004

The Desktop

Setup

The setup tab sheet consists of four items:

- Project Identification
- Voltage Levels
- Production Categories
- Consumption Categories

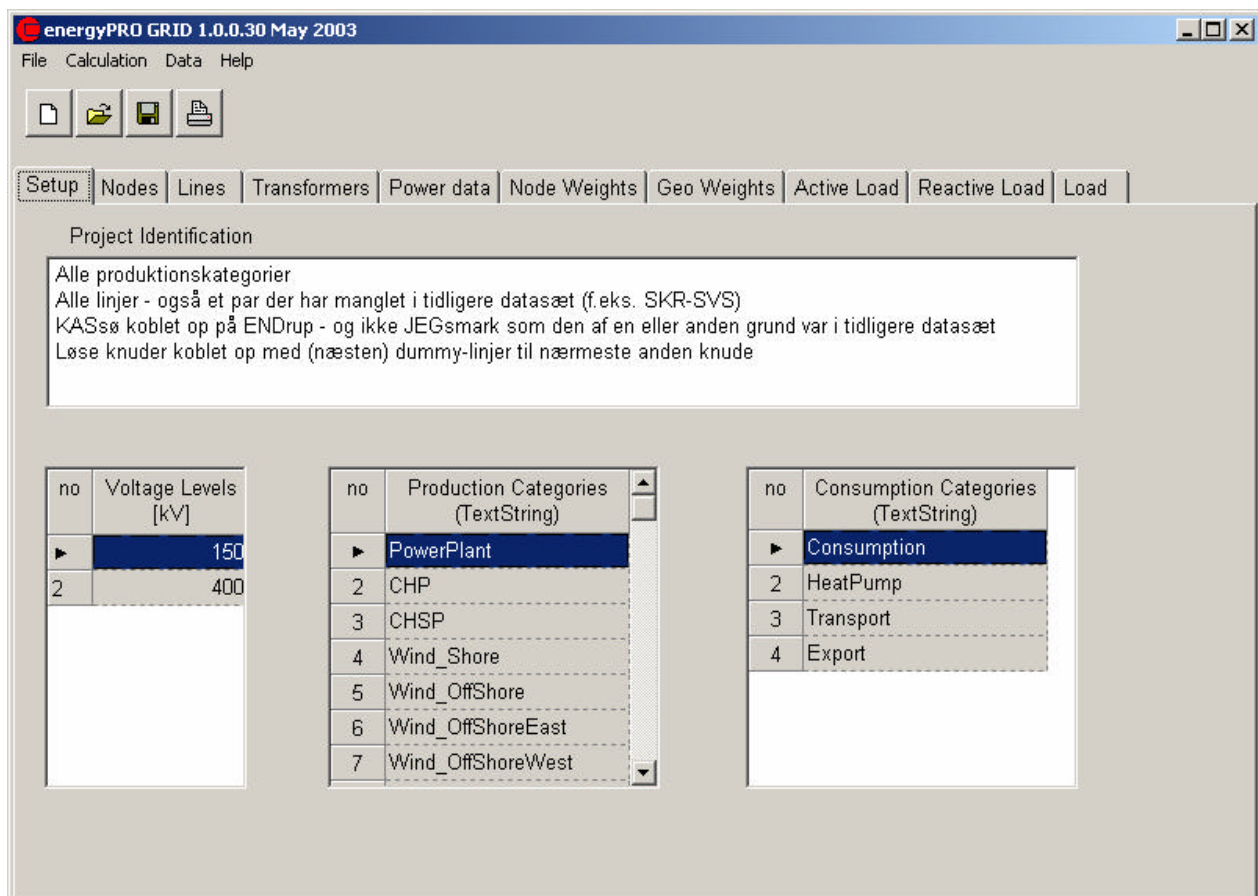


Figure 1: The Setup tab-sheet

Project Identification

The project identification panel is meant for a short project description. This description is used in the header of the printouts, helping to identify the actual calculation.

Voltage Levels

In the present version of EnergyProGrid, it is possible to operate with one or two voltage levels. You are free to choose and change the voltage values. The change of the voltage will immediately change the voltage in the nodes and subsequently the voltage levels, at which the lines and transformers are operating.

Production Categories

Here you define the names of your production categories. This could for instance be CHP, Wind or Import. It is possible to add as many categories as required.

Consumption Categories

Here you define the names of your consumption categories. This could for instance be Households, Industry or Electrical heat-pumps. It is possible to add as many categories as required.

Nodes

In the present version the GRID program can operate with a grid consisting of up to a total 200 nodes.

The nodes are described by:

- Node Name
- Voltage Level
- Description of the Node
- Geographical Easting and Northing coordinates

Node Name

The node name is the identifier used, when defining lines and transformers. Avoid duplicating names.

Voltage Level

Add the voltage level by selecting the desired voltage form the combo-box. The offered values are the ones added in the setup tab sheet.

Setup	Nodes	Lines	Transformers	Power data	Node Weights	Geo Weights	Active Load	Reactive Load	Load
no	NodeName	Voltage [kV]	Node Name Description	Easting UTM	Northing UTM				
1	KAS_400	400	Kassø	517333	6099105				
2	ABS	150	Abildskov	574398	6123321				
3	ALD	150	Aadalen	556009	6320652				
4	AND	150	Andst	513918	6147794				
5	BBR	150	Bredebro	489764	6100903				
6	BDK	150	Bredkær	561688	6368113				
7	BDR	150	Bramdrup	532240	6126200				
8	BED	150	Bedsted	464399	6296752				
9	BIL	150	Bilstrup	500380	6265771				
10	BJH	150	Bjørnholt	534893	6229100				
11	BØP	150	Børup	540908	6155403				
12	DNF	150	Danfoss	551984	6099180				
13	DYR	150	Dyhvald	583259	6350407				

SlackNode: KAS_400 Paste from Clipboard

Figure 2: The Nodes-tab-sheet

Description of Node

The field is only used for additional information about the actual node might be used for describing the location of the node.

Geographical Easting and Northing coordinates

Easting and Northing of the nodes are used for positioning the nodes on the map shown on the tab sheet "Geo Weights".

At present stage the use of coordinates are NOT generalised. They are only useful in a Danish context.

Lines

The lines are described by:

- Start-nodes and end-nodes
- Line type
- Length
- Resistance
- Reactance
- Admittance
- Max Current

no	Start Node	End Node	Line Type	Length [km]	Resistance [Ohm]	Reactance [Ohm]	Admittance [μ-S]	Max Current [A]
1	BBR	LYK	absolute values	57,8	4,18	22,11	172	980
2	BED	FRT	absolute values	45	5,38	18,06	126	1310
3	BED	NOR	absolute values	30	3,53	11,85	86	720
4	BED	NYK	absolute values	24	1,02	9,13	72	1380
5	BED	STR	absolute values	46,9	2,78	9,58	290	1050
6	BIL	STR	absolute values	32,1	3,83	13,1	88	720
7	EST	LYK	absolute values	3,5	0,39	1,26	58	450
8	FRT	NOR	absolute values	19	2,12	7,48	54	720
9	HER	SFE	absolute values	22,8	2,82	9,64	62	720
10	HER	STR	absolute values	44,9	5,36	18,49	122	720
11	HOD	LYK	absolute values	30	2,17	11,48	88	350
12	IDU_150	STR	absolute values	16,4	0,98	3,4	90	1440
13	IDU_150	VID	absolute values	29,2	1,75	6,05	160	1440

Paste from Clipboard

Figure 3: The Lines tab-sheet

Start Nodes and End Nodes

In the combo-boxes for the start- and end-nodes select between all the node typed in.

Line type and length

Select between "Absolute values" and "Specific values". This selection of "line type" decides the interpretation of the values for resistance, reactance and admittance.

If absolute is chosen, the values proceed direct into the calculation otherwise the values are multiplied with the length before the grid calculation. The length means the length of line in km.

Resistance, Reactance and Admittance

Specific or absolute values of resistance, reactance and admittance dependent on line type selection.

Max Current

The maximal load is measured in Ampere (absolute value).

Transformers

Transformers are described by the following values:

- Primary node (incl. voltage)
- Secondary node (incl. Voltage)
- Nominal power MVA
- Short circuit (Er)
- Short circuit (Ex)

Setup	Nodes	Lines	Transformers	Power data	Node Weights	Geo Weights	Active Load	Reactive Load	Load
no	Prim. Node	Voltage [kV]	Sec. Node	Voltage [kV]	Nominal Power [MVA]	Short circuit Er [%]	Short circuit Ex [%]		
1	FER_400	400	FER_150	150	400	0,23	12,7		
2	FGD_400	400	FGD_150	150	800	0,12	6,25		
3	IDU_400	400	IDU_150	150	400	0,23	12,7		
4	KAS_400	400	KAS_150	150	800	0,12	6,42		
5	LAG_400	400	LAG_150	150	400	0,23	12,5		
6	MAL_400	400	MAL_150	150	800	0,12	6,35		
7	NEV_400	400	NEV_150	150	400	0,23	12,7		
8	TJE_400	400	TJE_150	150	400	0,24	13,2		
9	TRI_400	400	TRI_150	150	400	0,23	12,6		
10	END_400	400	END_150	150	400	0,23	12,6		

Figure 4: The transformers tab-sheet

Primary and Secondary Nodes

Select the primary and secondary nodes in the corresponding combo-boxes. The operating voltages belonging to the nodes will automatically be added when a node is chosen.

$$\text{Knudeeffekt}_i := \sum_{p=1}^m \text{Aggregeret effekt}_p \cdot \frac{A_i \cdot B_i}{\sum_{j=1}^n A_j \cdot B_j},$$

Nominal power-short circuit values

Add these values belonging to your specific transformer.

Power Data

The power data tabsheet is adding information to the specified production and consumptions categories about active and reactive loads on a base level. In the following tab sheets for NodeWeights and Geo Weights. These values are distributed on node level.

- Active load in MW
- Active load in % of load in MW
- LoadType (production or consumption)
- Cos phi
- Reactive load in MW
- Geo Weights

Setup	Nodes	Lines	Transformers	Power data	Node Weights	Geo Weights	Active Load	Reactive Load	Load
	PowerPlant	CHP	CHSP	Wind_Shore	Wind_OffShore	Wind_OffShoreE	Wind_		
MW Active	1000,0	1500,0	100,0	100,0	100,0	100,0			
% Active	80,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00			
Load Type	Production	Production	Production	Production	Production	Production	F		
Cos Phi	0,800	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000			
MW Reactive	600,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Geo Weights	No GeoGrid	No GeoGrid	No GeoGrid	GeoGrid 1	No GeoGrid	No GeoGrid	No Ge		
	No GeoGrid								
	GeoGrid 1								
	GeoGrid 2								

Figure 5: The Power data tab-sheet

Active Load in MW and %

MW active means the total installed capacity of the actual production or consumption category (load type). Changing the "% active" from the default 100 % will modify the capacities specified in the "MW active" row.

Load Type (production or consumption)

This row shows the actual load type of the actual production or consumption item. See the setup tab sheet.

Cos phi and reactive load in MW

The reactive load in MW is calculated based upon the values in the fields "MW active", "% active" and the "Cos phi".

$$\text{MW reactive} = \text{ActiveMW} * \text{ActivePct} / 100 * \tan(\arccos(\text{abs}(\text{CosPhi})))$$

Geo Weights

The Geo weights are selected in a combo-box. The default value is "No geo grid" indicating that there are no geographical weight attached to that specific production or consumption. Options to select in the combo-box is "No geo grid" and the user defined geo grids defined on the "Geo Weights" tab sheet.

The node weight is a matrix, defined by the production and consumption categories (horizontal) and the nodes (vertical). The values attached to a specific production/consumption category are added in the TestSum row at the top of the matrix. Note that these values might be changed by additional Geo Weights.

Figure 6: The Node Weights tab-sheet

The Geo Weights is an additional option to impose weights on productions and consumptions relating the nodes. This might for instance be relevant when the wind is blowing much in one part of the country/region and less in another part.

Where K_{node_i} is the resulting load in Node $_i$, Aggregeret effekt $_p$ is the accumulated aggregated load of the production or consumption category p (e.g. CHP), m is the number of production- and consumption categories. A og B_i is node weight and geo weight in node i and n is the number of nodes.

NOTE: The use of the Geo Weights facility requires a mouse with a scroll wheel.

Adding map

There are two options to add a map to be used as background for the grid. First an open file session will be initiated no map is attached to select a file when entering the Geo Weights tab sheet. The other option is to select the Geo file by selecting it from the main file menu. Select File -> Load Geo file. Then an open file session will be initiated.

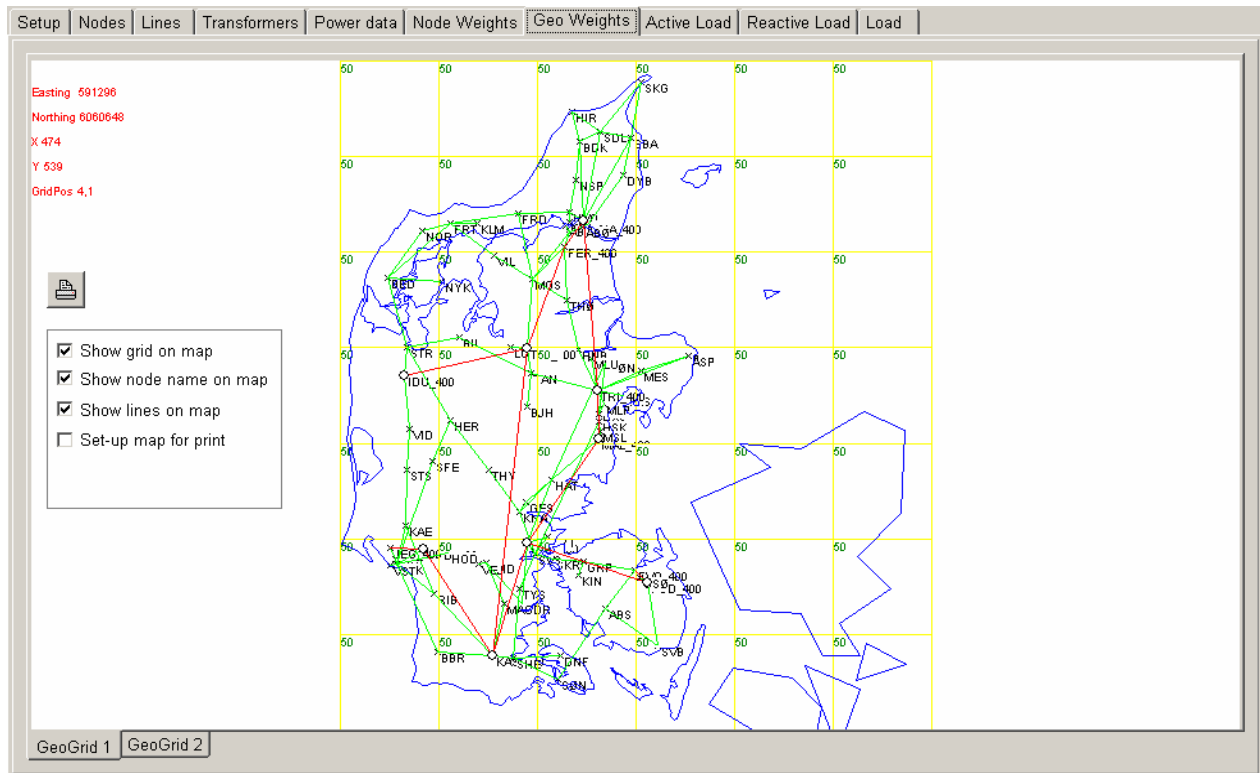


Figure 7: The geo weights tab-sheet

Adding new geogrid

More Geo Grid might be added to a project. To do this right-click on a Geo Grid tab sheet and you will be offered the options to:

- add a new Geo Grid tab sheet
- copy an existing Geo Grid tab sheet
- rename a Geo Grid tab sheet
- select the wanted option.

Changing geogrid values

The values in the Geo Grid are changed by moving the cursor to one of the squares in the grid. Hereafter scroll with the mouse-wheel until the desired value for the specific square is reached.

Print Map and grid

The Map and Grid will be printed if the Print icon on the tab sheet is pressed.

Interpretation of Geo Grid-values

The value set in a specific square is valid for all nodes placed in that specific square. The value is relative to the values set in the other squares.

Active load, Reactive load and Load

The Active load and Reactive load tab sheets is structured the same way as the node weights tab sheet. These tab sheets are both read-only and is the result of these values and choices put in the prior tab sheets. All values are in MW. On the Load tab sheet the values are summarized for all production and consumption categories and the resulting loads imposed on all nodes can be read.

Setup	Nodes	Lines	Transformers	Power data	Node Weights	Geo Weights	Active Load	Reactive Load	Load
	PowerPlant	CHP	CHSP	Wind_Shore	Wind_OffShore	Wind_OffShoreEa			
TestSum	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0			
KAS_400	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
ABS	0,0	2,0	2,0	1,6	0,0	0,0			
ALD	0,0	0,9	0,9	0,1	0,0	0,0			
AND	0,0	1,4	1,4	1,4	0,0	0,0			
BBR	0,0	1,5	1,5	6,2	0,0	0,0			
BDK	0,0	1,3	1,3	1,7	0,0	0,0			
BDR	0,0	2,4	2,4	0,3	0,0	0,0			
BED	0,0	0,7	0,7	3,6	0,0	0,0			
BIL	0,0	2,3	2,3	3,2	0,0	0,0			
BJH	0,0	2,8	2,8	1,1	0,0	0,0			
BØP	0,0	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0			
DNF	0,0	0,8	0,8	0,0	0,0	0,0			

Figure 8: Active load tab-sheet

Setup	Nodes	Lines	Transformers	Power data	Node Weights	Geo Weights	Active Load	Reactive Load	Load
Node	Active load		Reactive load						
ABS	-10,8		-24,8						
ADL	-68,1		-53,6						
AND	-47,0		-38,2						
ASR_150	0,0		0,0						
ASR_400	0,0		0,0						
BBR	-13,7		-26,8						
BDK	79,7		17,6						
BDR	-83,2		-68,0						
BED	-38,1		-38,5						
BIL	-48,2		-53,3						
BJH	65,4		-0,9						
BØP	0,0		0,0						
DNF	0,0		0,0						
DYB	-12,8		-14,1						

Figure 9: Reactive load tab-sheet

Kort dokumentation af Elnet-beregningsmetoden

I det følgende foretages en kort beskrivelse af EnergyProGrid programmets beregningsmetode, herunder de ligninger, programmet anvender til beregning af strømme i et elnet. Ligningerne er opstillet med henblik på at synliggøre, at ud fra kendskab til belastninger og spændinger i de enkelte knuder, og ud fra kendskab til de enkelte ledningsstrækningers og transformatorers impedanser, kan strømmene i de enkelte ledningsstrækninger beregnes. Løsninger af elnet-ligninger kan hermed reduceres til at finde de knudespændinger, som giver strømbevarelse i de enkelte knuder (i slackpunktet er spændingen dog fastlagt, hvorfor det i dette punkt er belastningen der skal findes).

EnergyProGrid er ikke et optimeringsprogram. Det søger således ikke at minimere reaktive effektflovs gennem at regulere reaktiv effekt i de enkelte knuder, men beregner derimod alene de konkrete driftssituationer, der er notation i EnergyProGrid. De ligninger EnergyProGrid anvender ved beregning af strømme, er i det efterfølgende indrammet. Nedenfor er angivet den notation, som er anvendt i ligningerne.

- I Strømstyrken i en af faselederne, som komplekst tal.
- U Fasespænding
- R Resistansen i en faseleder eller en transformer, som reelt tal.
- X Reaktansen i en faseleder eller en transformer, som reelt tal.
- A Driftsadmittansen i en faseleder, som reelt tal.
- P Effekt
- Q Reaktiv effekt
- S Tilsyneladende effekt pecificeret af brugeren.

Ligningerne udtrykkes ved effektivværdier

EnergyProGrid regner på vekselstrømsnet. Det betyder at strømme og spændinger varierer sinusformet som funktion af tiden. Vekselstrømme og -spændinger beskrives elegant som realdele af komplekse funktioner

$$\operatorname{Re}(\mathbf{I} \cdot e^{i\omega t}) \text{ og } \operatorname{Re}(\mathbf{U} \cdot e^{i\omega t}), \quad (1)$$

hvor $e^{i\omega t} = \cos(\omega \cdot t) + i \cdot \sin(\omega \cdot t)$, \mathbf{I} og \mathbf{U} er komplekse tal og deres længder er amplituderne på hhv. strøm og spænding og ω er vinkelhastigheden.

Den øjeblikkelige afsatte effekt gennem en faseleder i et knudepunkt kan udtrykkes som produktet af faselederens spænding multipliceret med faselederens strømstyrke,

$$P(t) = \operatorname{Re}(\mathbf{U} \cdot e^{i\omega t}) \cdot \operatorname{Re}(\mathbf{I} \cdot e^{i\omega t}) \quad (2)$$

Ud fra den øjeblikkelige effekt kan man ved at midle over en periode beregne den i middel afsatte effekt fra faselederen til at være

$$P = \frac{\operatorname{Re}(\mathbf{U} \cdot \mathbf{I}^*)}{2} \quad (* \text{ angiver kompleks konjugering}) \quad (3)$$

Da der i alt er tre faseledere, får man dermed i alt en middelaftsat effekt, P , givet ved

$$P = \frac{3 \cdot \operatorname{Re}(\mathbf{U} \cdot \mathbf{I}^*)}{2} \quad (4)$$

Spænding for højspændingsledninger er sædvanligvis angivet ved den effektive spænding mellem to faseledere, U , som er den spænding, der i et jævnstrømssystem ville afsætte den samme effekt. Med sinusformet vekselstrøm, svarer det til spændingens amplitude divideret med $\sqrt{2}$. Den tilhørende effektive spænding mellem en faseleder og en evt. nulleleder er givet ved $U/\sqrt{3}$, hvorved der således fås at

$$U = \mathbf{U} \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \quad (5)$$

Eller ved en tilsvarende definition af effektivværdi for en strømstyrke i en faseleder, fås at:

$$I = \mathbf{I} / \sqrt{2} \quad (6)$$

Ligningen for den middelaftsatte effekt er

$$P = \frac{3 \cdot \operatorname{Re}(\mathbf{U} \cdot \mathbf{I}^*)}{2} \quad (7)$$

kan hermed udtrykkes ved den effektive spænding og den effektive strøm som

$$P = \sqrt{3} \cdot \operatorname{Re}(U \cdot I^*) \quad (8)$$

Generelt kan et knudepunkts tilsyneladende effektproduktion S defineres som

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I^* = P + iQ, \quad (9)$$

hvor P og Q er hhv. knudepunktets aktive og reaktive effektbehov.

Ohms lov gælder i sin komplekse form for en vekselstrøm. Bemærk dog, at da U angiver den effektive spænding mellem to faseledere, får Ohms lov følgende udseende i et trefaset vekselstrømsnet

$$\frac{U}{\sqrt{3}} = Z \cdot I, \quad (10)$$

Hvor impedansen Z er impedansen, der kan udtrykkes ved

$$Z = R + i \cdot X \quad (11)$$

Knudepunktsligningerne

Ligningerne til beskrivelse af knudepunkterne er dels en effektligning, som beskriver nettoeffektproduktionen i den pågældende knude, dels en ligning som beskriver, at der i det enkelte knudepunkt gælder strømbevarelse (Kirchoffs 1. lov).

Effektligningen. Nettoeffektproduktionen i en knude er defineret i foregående afsnit og givet ved

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I^* = P + iQ \quad (1)$$

Strømmen der produceres i den pågældende knude er følgelig givet ved

$$I = \left(\frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} \right)^* \quad (2)$$

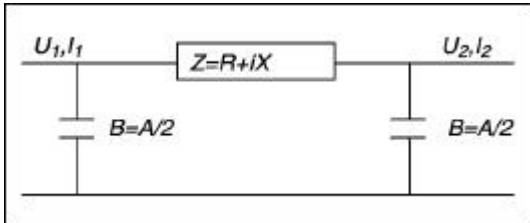
Strømbevarelsesligningen. Den strøm der løber til et knudepunkt plus den i knudepunktet producerede strøm er lig 0, dvs.

$$I_a + \sum_b I_b = 0,$$

hvor summen går over de knudepunkter b , som igennem ledninger er forbundet til knude a . Bemærk at alle strømstyrker i energyProGrid regnes positivt ind imod et knudepunkt, samt at de er komplekse tal og derfor adderes ved vektoraddition.

Ledningsligningerne

EnergyProGrid anvender nominelle p-led til beskrivelse af ledningsstrækninger (en faseleder), som vist i figur 1.



Figur 1: Beskrivelse af en ledningsstrækning approximeres ved et nominelt p - led.

Ledningsstrækningen er beskrevet ved resistansen R , reaktansen X og driftsadmittansen A . I EnergyProGrid antages driftsadmittansen fordelt ligeligt i de to linjeender.

Udledning af ledningsligningerne starter i en beregning af strømmene gennem de to driftsadmittanser. Driftsadmittans-strømmene findes vha. Ohms lov for en kapacitans

$$\frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{1}{iB} I, \quad (1)$$

hvoraf det bemærkes, at der her regnes med en ren kapacitiv admittans. Heraf fås at de to driftsadmittansstrømme er hhv.

$$\frac{iB \cdot U_1}{\sqrt{3}} \quad \text{og} \quad \frac{iB \cdot U_2}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

Strømmen som løber gennem impedansen $R+iX$ er lig I_2 plus den sidste driftsadmittansstrøm, altså

$$I_2 + \frac{iB \cdot U_2}{\sqrt{3}} \quad (3)$$

Ved at anvende Ohms lov på impedansen $R+iX$ fås hermed

$$\frac{U_1 - U_2}{\sqrt{3}} = (I_2 + \frac{iB \cdot U_2}{\sqrt{3}}) \cdot (R + iX) \quad (4)$$

Ved at isolere I_2 i ligningen ses, at I_2 kan udtrykkes ved ledningens spændinger og ledningens R , X og B .

$$I_2 = \frac{(U_1 - (1 + iB \cdot (R + iX)) \cdot U_2)}{\sqrt{3} \cdot (R + iX)} \quad (5)$$

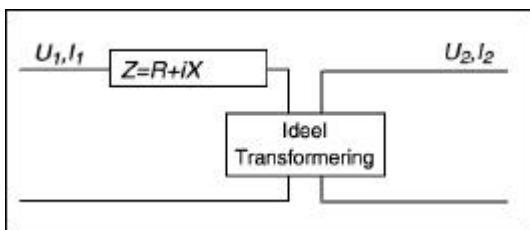
Yderligere ses at summen af I_2 og de to driftsadmittansstrømme er lig I_1 , dvs.

$$I_1 = I_2 + \frac{iB \cdot U_1}{\sqrt{3}} + \frac{iB \cdot U_2}{\sqrt{3}} \quad (1)$$

Hermed er ledningsstrækningens to strømme udtrykt ved lednings-strækningens spændinger, impedans og driftsadmittans.

Transformerligningerne

En transformer beskrives som en ideel transformering og en impedans Z , som vist i figur 2.



Figur2: Beskrivelse af transformer

Transformerimpedansens resistans R og reaktans X angives traditionelt ved to procentsatser, hhv. E_r (kortslutningsresistans) og E_x (kortslutningsreaktans) samt den nominelle primærspænding, U_{pn} , og mærkeeffekten, S_n .

$$R = \frac{E_r \cdot U_{pn}^2}{S_n} \quad \text{og} \quad X = \frac{E_x \cdot U_{pn}^2}{S_n} \quad (2)$$

En transformering består altså beregningsmæssigt i, at strømmen gennemløber en impedans og dernæst transformeres ideelt. Defineres n som transformerens ideelle omsætningsforhold, fås $I_1 = I_2/n$ og det ses endvidere at spændingen umiddelbart efter impedansen er lig nU_2 . Ved anvendelse af Ohms lov for I_2 kan I_1 og I_2 således i alt udtrykkes ved hhv.

$$I_2 = \frac{(U_1 - n \cdot U_2) \cdot n}{\sqrt{3} \cdot (R + iX)} \quad \text{og} \quad I_1 = \frac{I_2}{n} \quad (3)$$

Hermed er transformerens to strømme udtrykt ved transformerens spændinger, impedans og det ideelle omsætningsforhold.

Ligningsløsningen

Ovenfor er vist, at ud fra kendskab til belastninger og spændinger i de enkelte knuder, og ud fra kendskab til de enkelte ledningsstrækningers og transformerers impedanser, kan strømmene i de enkelte ledningsstrækninger beregnes.

Løsning af de enkelte elnetligninger er hermed reduceret til at bestemme de knudespændinger, som giver strømbevarelse i de enkelte knuder. I slackpunktet er spændingen, som før nævnt, dog fastlagt, hvorfor det i dette punkt er belastningen, der skal findes. Løsning af sættet af elnetligninger bestemmes gennem en Newton/Raphson iteration.

Resultater fra EnergyProGrid beregninger

energyPRO GRID 1.1.0.2 June 2003

Printed: 25-09-2003 09:34:09 / 14

Eltra Syntetisk 2005 juni v5 Eltra2020Rek - GI eksport excl EDR-1DU TJE-TRI - Absolut

Eltra 2005 Syntetisk - udgangspunkt i Kina18

HER-THY slettet

LAG_400-SVS_400 inkluderet; Skærbækværk delt i to halvdele på hhv 150 og 400 kV

Klim + T-led indsat

Cos phi 0.9 for PP og CHP; 0.8 for forbrug; 0.95 for wind

Result

VKE 0,0 0,0Not connected

ABV 0,0 0,0Not connected

ABØ -60,0 -47,8

ASP -71,7 -53,8

Results

Slack Load 28,5 MW 783,8 MVAR

Accum. Load Loss 27,5 MW -388,8 MVAR

StartNode EndNode Line load Load reactive Active loss Reactive loss Line current Voltage startnode Voltage endnode

MW MVAR MW MVAR A KV DEG KV DEG

BBR LYK -0,05 18,37 0,08 -2,92 75 141,37 0,08 138,23 0,33

BED FRT -16,04 -9,71 0,11 -1,70 85 127,14 -0,93 129,06 -0,08

BED NOR -14,67 -6,53 0,05 -1,22 73 127,14 -0,93 128,08 -0,39

BED STR -7,43 -22,31 0,08 -4,48 107 127,14 -0,93 128,80 -0,88

BIL STR -22,24 -27,19 0,29 -0,42 162 125,35 -1,55 128,80 -0,88

EST LYK -75,27 -56,46 0,18 -0,52 395 137,51 0,11 138,23 0,33

FRT NOR 15,42 12,16 0,05 -0,71 88 129,06 -0,08 128,08 -0,39

HER SFE 8,68 -25,18 0,11 -0,71 117 131,88 1,62 133,50 1,12

HER STR 42,99 9,30 0,80 0,01 193 131,88 1,62 128,80 -0,88

HOD LYK -6,81 -21,30 0,05 -1,37 95 136,40 0,22 138,23 0,33

IDU_150 STR 4,51 60,58 0,22 -0,76 269 130,44 -1,03 128,80 -0,88

IDU_150 VID -18,95 -14,72 0,06 -2,55 106 130,44 -1,03 131,31 -0,73

KAE LYK -56,60 -72,09 0,57 -0,23 391 135,44 -0,15 138,23 0,33

KAE STS 40,23 55,50 0,46 -1,29 282 135,44 -0,15 132,43 -0,59

KAE RIB -6,16 -19,27 0,08 -2,84 86 135,44 -0,15 138,58 0,05

LYK RIB 7,98 -6,90 0,01 -1,48 44 138,23 0,33 138,58 0,05

LYK SFE -2,47 26,80 0,29 -2,06 112 138,23 0,33 133,50 1,12

STS VID 17,83 28,31 0,08 -1,73 146 132,43 -0,59 131,31 -0,73

BDK NVV_150 39,62 2,62 0,42 -0,83 166 138,30 5,18 136,48 3,20

BDK NSP 40,07 15,00 0,15 -0,33 179 138,30 5,18 136,93 4,24

DYB SBA -6,00 4,73 0,01 -1,24 33 133,30 2,48 132,98 2,69

DYB VHA_150 -6,83 -18,83 0,05 -1,58 87 133,30 2,48 135,37 2,64

FRD KLT 43,03 23,23 0,35 0,08 211 133,72 1,93 131,41 0,93

KLT FRT 42,68 23,18 0,35 0,14 213 131,41 0,93 129,06 -0,08

ABV/KV (kWh/kV)

Aalborg University

Figur 3: Resultater fra EnergyProGrid for de enkelte ledningsstrækninger

I resultatudskrifterne beregnes strømme og effekter positivt i retningen Startnode til Endnode.

Linieeffekt

Linieeffekten beregnes ud fra spændingen i ledningsstrækningens startknode, U_1 , og strømmen der løber ind i ledningen ved denne knude, I_1 , ved formlen

$$S_{Linie} = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1^* \quad (1)$$

Realdelen af S_{linie} er lig den aktive del af linieeffekten (Lineload) og imaginærdelen af S_{linie} er lig den reaktive del af linieeffekten (Load- reactive).

Effekttab i en ledningsstrækning

En ledningsstrækning forbinder to knuder (f.eks. knude 1 og knude 2). Hvis der løber en strøm I_1 ind i ledningen og I_2 ud af ledningen, og der i knude 1 er spændingen U_1 og i knude 2 er spændingen U_2 , findes effekttabet i ledningsstrækningen ved

$$S_{\text{tab}} = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1^* - \sqrt{3} \cdot U_2 \cdot I_2^* \quad (2)$$

Realdelen af S_{tab} er lig den aktive del af effekttabet i ledningsstrækningen (Active loss) og imaginærdelen af S_{tab} er lig den reaktive del af effekttabet i ledningsstrækningen (Reactive loss).

Liniestrøm

Liniestrøm, er den strøm, der løber ind i ledningsstrækningen ved startknuden. For hver enkelt ledningsstrækning sammenholdes denne størrelse med den ledningsstrækningens overføringskapacitet med henblik på at bestemme, om den er overbelastet eller ej.

Spændingsvinkel (målt i grader)

Repræsenterer ikke som det umiddelbart kunne forventes vinklen mellem knudepunktets strøm og spænding, men vinklen mellem knudepunktets spænding og slackknudepunktets spænding.

Belastningsindikatorer

Udover resultaterne for de enkelte ledningsstrækninger, bestemmer EnergyProGrid en række belastningsfaktorer, som giver en indikation af nettets samlede driftstilstand. Nettabsprocenten:

Uvægtet I.	Gennemsnitlig procentvis linjebelastning
Vægtet I.	Gennemsnitlig procentvis linjebelastning hvor de enkelte linjer er vægtet efter maksimal strømstyrke
Vægtet P.	Gennemsnitlig procentvis linjebelastning hvor de enkelte linjer er vægtet efter maksimal effektkapacitet
Vægtet L.	Gennemsnitlig procentvis linjebelastning hvor de enkelte linjer er vægtet efter længde
Vægtet P*L.	Gennemsnitlig procentvis linjebelastning hvor de enkelte linjer er vægtet mht. længde samt maksimal effektkapacitet. Denne svarer til nettabsprocenten, men angiver en belastningsgrad mellem 0 og 100%.